

複数の直視型ディスプレイパネルを用いたインテグラル立体表示

岡市 直人^{†,*} 渡邊 隼人[†] 佐々木 久幸[†] 洗井 淳[†] 河北 真宏[†] 三科 智之[†]

[†] 日本放送協会 放送技術研究所 〒157-8510 東京都世田谷区砧 1-10-11

E-mail: *okaichi.n-jo@nhk.or.jp

あらまし インテグラル立体映像の高品質化には多くの画素を表示できるデバイスが必要であるが、現在は 8K の画素数を大きく超える表示素子はないため、単体の表示デバイスのみでは高品質化は困難である。そこで、複数の直視型ディスプレイパネルの映像を、拡大光学系を用いて間隙なく連続的に結合することによって、インテグラル立体映像を高品質化する研究を進めている。従来の試作装置では、複雑な構成の拡大光学系と拡散板を使用する構成だったため、画質の低下が大きかった。そこで今回、画質低下を抑えて複数の映像を結合することができる光学系を検討し、試作装置を構築したので報告する。

キーワード インテグラル立体映像, 直視型ディスプレイパネル, 拡大光学系

Integral 3D display using multiple flat-panel displays

Naoto OKAICHI^{†,*} Hayato WATANABE[†] Hisayuki SASAKI[†] Jun ARAI[†]

Masahiro KAWAKITA[†] and Tomoyuki MISHINA[†]

[†] Science & Technology Research Laboratories, Japan Broadcasting Corporation (NHK),

1-10-11 Kinuta, Setagaya-ku, Tokyo, 157-8510, Japan

E-mail: *okaichi.n-jo@nhk.or.jp

Abstract A display device that has a large number of pixels is required to improve the image quality of integral three-dimensional (3D) images. However, no display elements currently have a greater number of pixels than an 8K display, so improving the quality of these integral 3D images is difficult using a single display device. Therefore, we have developed a method for seamlessly connecting the images of multiple displays and for improving the quality of the integral 3D images. In the previous prototype, the quality of the integral 3D images deteriorated when using a magnifying optical system having a complicated structure and a diffusion plate. This work describes an optical system for connecting multiple images while suppressing the deterioration in the quality of integral 3D images.

Keyword Integral 3D images, flat-panel displays, Magnifying optical system

1. はじめに

我々は現在、1908年にLippmann[1]によって提案された立体写真を撮影および表示するインテグラルフォトグラフィ(IP)の技術に基づく、インテグラル立体映像システムの研究を進めている。インテグラル立体映像は、特殊な眼鏡を必要とせず裸眼で立体映像を見ることができ、また、水平・垂直の両方向に対して運動視差をもつため、見る位置に応じて映像が変化するという特徴をもつ。

ここで、インテグラル立体映像の撮影および表示の原理について説明する。まず、撮影において、図1(a)のように被写体を前面に置かれたレンズアレイを通して撮影する。レンズアレイとは、微小のマイクロレンズを水平・垂直方向に多数並べたものであり、これを用いることによって、さまざまな方向の光線情報を一括して取得することができる。次に、表示においては、

図1(b)のように、撮影した画像(要素画像)を表示デバイスに表示し、その前面にレンズアレイを配置することにより、元々の被写体が放つ光線を再現することで、空間上に立体映像を再生する。要素画像を表示するためのデバイスとして、直視型デバイス(液晶パネルや有機ELパネルなど)や投射型デバイス(プロジ

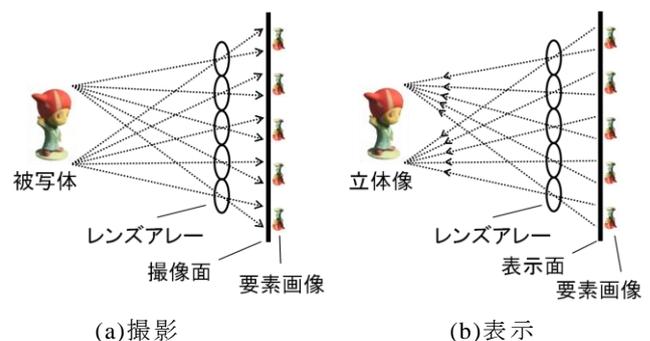


図1 インテグラル立体映像の撮影および表示

ェクターなど) が用いられる。

インテグラル立体映像は、実際の被写体が放つ光線と同じ光線を再現する方式であるため、その再現性を高めるためには多くの情報量を必要とする。我々はこれまで、8K スーパーハイビジョン[2]の表示素子を使った走査線 8000 本級のプロジェクターを用いて、10 万画素相当の立体映像の再生を実現した[3]。しかし、これまでの単体の表示デバイスとレンズアレイを用いた方法では、表示できる画素数に限りがあり、走査線 8000 本級のプロジェクターを大きく超える解像度の映像を表示することは困難であるので、インテグラル立体映像の画質向上は難しい。そこで、我々は複数の表示デバイスを用いることで、インテグラル立体映像の画質を向上させる研究を進めている。

表示デバイスに複数のプロジェクターを用いて立体映像の品質向上を図る手法はいくつか提案されている[4, 5, 6]。プロジェクターを用いた方法は映像の高精細化や大画面化に適している。しかし、プロジェクターを用いると、ある程度の投射距離を必要とするので、装置全体の奥行きが大きくなるという課題がある。我々は将来の家庭で視聴可能な立体テレビを想定して研究を進めており、薄型化可能な装置の実現を目指している。そこで現在、複数の直視型表示デバイスを用いて、薄型なインテグラル立体映像装置の構築を検討している。

これまで、我々は複数の直視型ディスプレイ（液晶パネル）と拡大光学系を用いて映像を拡大し、間隙なく連続的に結合した映像にレンズアレイを通して見ることで、立体映像の多画素化を図ってきた[7, 8]。しかし、その際に使用する拡大光学系によって立体映像の画質の低下が起こり、十分に立体映像の品質を向上させることができなかった。そこで、今回は複数の映像を画質の低下を抑えて結合するための光学系の検討を行い、試作装置を構築したので、それについて報告する。

2. 複数の液晶パネルを用いたインテグラル立体表示系

2.1. 従来構成

我々が以前に構築した複数の液晶パネルを用いたインテグラル立体表示系[7, 8]について説明する。図 2 にその構成を示す。

まず、並列に配置した各液晶パネルの映像表示部の前面にそれぞれ拡大光学系を配置し、各映像を拡大して空間中に結像させる。次に、結像位置に拡散板を配置し、複数の拡大像を間隙なく連続的に結合する。この際、光学機器の配置のずれやレンズの収差によって拡大像が歪むため、入力映像に画像処理を施して歪み

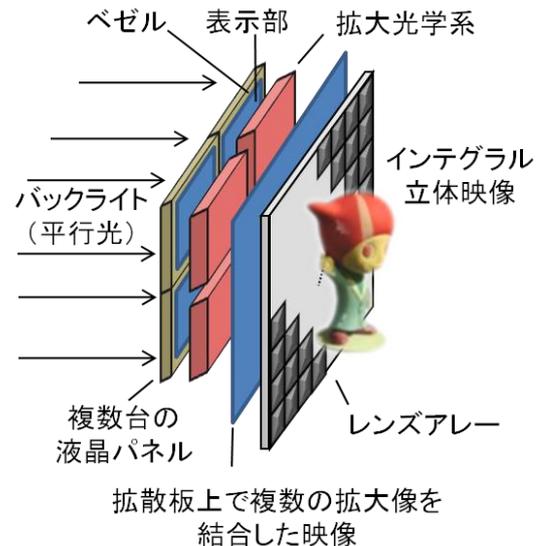


図 2 複数の液晶パネルを用いたインテグラル立体映像表示装置の構成（従来構成）

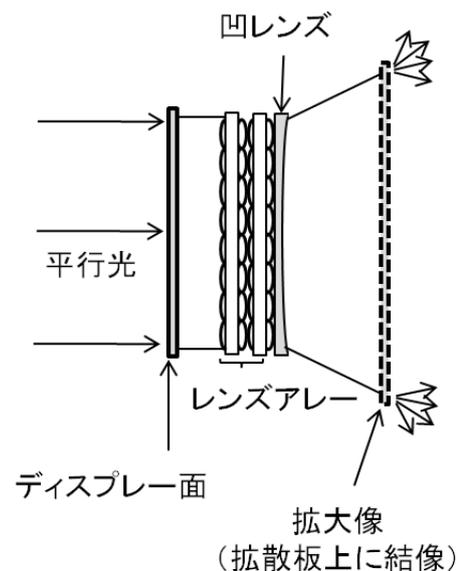


図 3 従来の拡大光学系

を補正し、精緻に複数の拡大像を結合する。最後に、拡散板の前面にレンズアレイを配置して、多画素化したインテグラル立体映像の再生を行う。

従来構成では、拡大光学系として図 3 のような複数のレンズアレイ（正立等倍光学系）と凹レンズを用いる複雑な構成だったため、レンズ配置の微小なずれにより、拡大像の画質が大幅に低下し、立体映像を表示した際、十分な画質が得られないという問題があった。また、立体映像の輝度むらを解消するため、100° 程度の大きな拡散角を持つ拡散板を用いる必要があり、それによる画質低下も見られた。さらに従来構成では、液晶パネルのバックライトとして拡散光を用いると、拡大光学系において迷光が発生し、拡大像が多重像と

なって結像するため、バックライトに平行光を使用する必要があった。パネル全体を照射する平行光を生成するには、点光源と凸レンズを使った構成が必要となり、それによって装置全体の奥行きが大きくなるという課題があった。

2.2. 新構成の提案

前節で述べた課題を解消するために、光学系の新たな構成を検討した。図4にその構成を示す。

まず、液晶パネルを並列に配置し、それぞれの映像表示部の前面にレンズアレーを配置する。それぞれの液晶パネルに要素画像を入力することにより、各画面で分割されたインテグラル立体映像が再生される。次に、レンズアレーの前面に拡大光学系を配置する。拡大光学系は図5に示すように、凹レンズと凸レンズを組み合わせた構成を用いる。これによって、各パネルにおけるインテグラル立体映像が拡大される。最後に、複数の拡大されたインテグラル立体映像を間隙なく連続的に結合することにより、多画素化したインテグラル立体映像を再生する。

従来構成と新構成の違いについて、表1にまとめた。新構成では、拡大光学系をシンプルな構成にし、また、拡散板を使用しない構成にしたため、インテグラル立体映像の画質が向上した。さらに、新構成では、バックライトに拡散光を使用できるため、装置全体の奥行きを小さくすることができる。

3. 試作装置およびインテグラル立体映像の再生

我々は、新構成の光学系を用いて試作装置を構築した。表2に試作装置の仕様を示す。HD解像度（画素数：1920×1080）の液晶パネル4台を使用し、要素画像の総数は17248で、視域角は28度（設計値）のインテグラル立体映像の再生を実現した。

従来構成の試作装置と新構成の試作装置で再生したインテグラル立体映像を図6、図7にそれぞれ示す。従来構成によるインテグラル立体映像は全体的に映像がぼやけておりコントラストも低い。それと比較して、新構成によるインテグラル立体映像は、解像感が増しておりコントラストも高く、画質が向上していることが確認できた。また、新構成の試作装置について、さまざまな視点から見た時のインテグラル立体映像を図8に示す。奥行き方向に、手前は緑のリング、中央は赤いうさぎ、奥は背景を表示した。見る位置に応じて、立体映像の見え隠れが変化する様子が確認できた。

バックライトを含めた試作装置全体の奥行き幅については、従来構成の試作装置は約60cmであったのに対して、新構成の試作装置は約15cmと、大幅に小さく構成することができた。

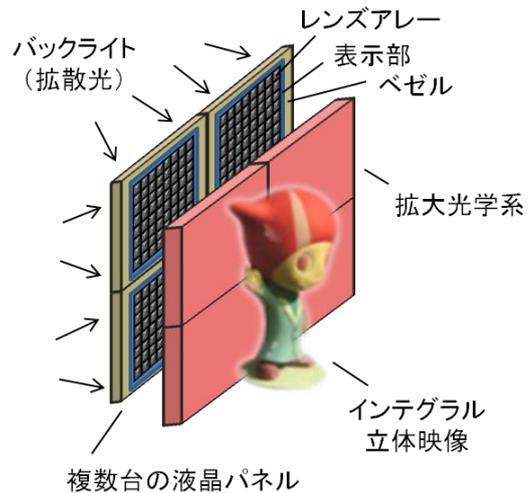


図4 複数の液晶パネルを用いたインテグラル立体映像表示装置の構成（新構成）

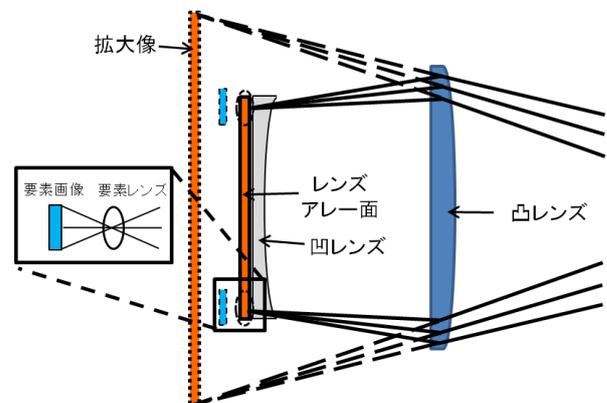


図5 新拡大光学系

表1 従来構成と新構成の違い

	従来構成	新構成
①拡大光学系	複数のレンズアレーと凹レンズ（複雑な構成）	凹レンズと凸レンズ（シンプルな構成）
②拡散板の要否	必要	不要
③バックライト	平行光が必要（拡散光では多重像が発生）	拡散光を使用可能（装置の薄型化）

表2 新構成の試作装置の仕様

液晶パネル	解像度	HD (1920×1080)
	台数	4台
	画素ピッチ	55.5 μm
拡大光学系	凹フレネルレンズ焦点距離	-145mm
	凸フレネルレンズ焦点距離	175mm
レンズアレー	配列 / レンズ形状	正方配列 / 正方形
	ピッチ / 焦点距離	1.21mm / 2.42mm
	レンズ数 (液晶パネル1台あたり)	88(H)×49(V)
立体映像	要素画像数(4台合計)	176(H)×98(V) (総数:17248)
	視域角	28°
	映像サイズ	252mm(H)×142mm(V)

4. おわりに

今回、複数の液晶パネルを用いたインテグラル立体表示装置について、新たな構成の光学系を検討し、試作装置を構築した。従来は、複雑な構成の拡大光学系と拡散板を使用することにより、再生するインテグラル立体映像の画質が大きく低下していた。それに対し今回の新構成では、シンプルな拡大光学系と、拡散板を不要とすることで、インテグラル立体映像の画質を向上することができた。さらに、液晶パネルのバックライトとして、従来構成では平行光を使わなければならなかったが、新構成では拡散光を使うことができるため、装置全体の奥行きを小さくすることができた。

今後は、要素画像を画像処理することによるインテグラル立体映像の歪み補正手法や、複数の映像を結合した際に結合部が目立たない光学系の検討を進める。また、本手法のより解像度の高いパネルへの適用や立体映像のより詳細な画質評価も行う予定である。

文 献

- [1] G. Lippmann, "Epreuves reversibles Photographies integrals," Comptes-Rendus Academie des Sciences 146, 446-451 (1908).
- [2] T. Yamashita, M. Kanazawa, K. Oyamada, K. Hamasaki, Y. Shishikui, K. Shogen, K. Arai, M. Sugawara, and K. Mitani, "Progress report on the development of Super-Hi Vision," SMPTE Motion Imaging J. Sept., 77-83 (2010).
- [3] J. Arai, M. Kawakita, T. Yamashita, H. Sasaki, M. Miura, H. Hiura, M. Okui, F. Okano, Y. Haino, and M. Sato, "Integral Imaging System with 33 Mega-pixel Devices Using the Pixel-offset Method," Proc. SPIE, Vol. 8167, 81670X1-81670X9 (2011).
- [4] 岡市, 日浦, 三浦, 洗井, "歪み補正手法を用いた複数のプロジェクタによるインテグラル立体映像表示," 映情学年次大, 11-5 (2013).
- [5] S. Iwasawa, and M. Kawakita, "Behind the Screen of NICT's 200-in. Automultiscopic Display," Proc. The International Display Workshop (IDW/AD '12), 19, 3D9-1 (2012).
- [6] H. Liao, M. Iwahara, T. Koike, N. Hata, I. Sakuma, and T. Dohi, "Scalable high-resolution integral videography autostereoscopic display with a seamless multiprojection system," Applied Optics, Vol. 44, Issue 3, 305-315 (2005).
- [7] N. Okaichi, M. Miura, J. Arai and T. Mishina, "Integral 3D display using multiple LCDs," Proc. SPIE, Vol. 9391, 939114.1-939114.6 (2015).
- [8] 岡市, 三浦, 洗井, 河北, 三科, "複数の 8K 液晶パネルを用いたインテグラル立体映像表示," 映情学技報, Vol. 39, No. 36, 3DIT2015-32, IDY2015-40, IST2015-57, pp. 1-4, (2015)



図 6 従来構成の試作装置によるインテグラル立体映像の表示



図 7 新構成の試作装置によるインテグラル立体映像の表示

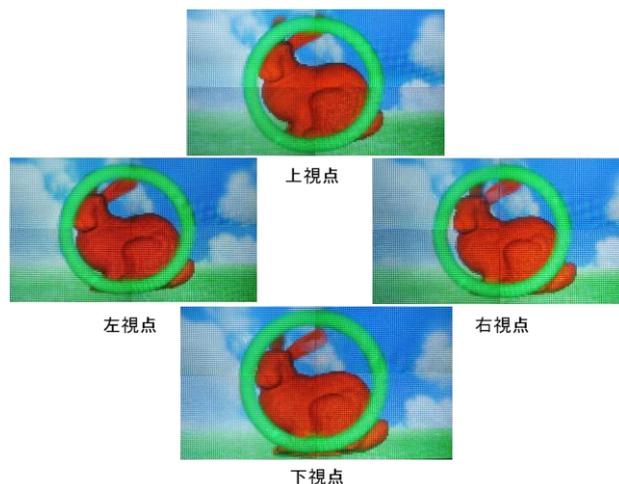


図 8 視点に応じたインテグラル立体映像の見え方の変化